

Релаксационные и кинетические особенности сигналов МЭГ человека при фоточувствительной эпилепсии¹

Хусаенова Эндже Вагизовна²

аспирантка

Татарский государственный гуманитарно-педагогический университет, Казань, Россия

E-mail: enghe@theory.kazan-spu.ru

В работе представлены результаты исследования релаксационных и кинетических особенностей функционирования здоровых физиологических и патологических систем на примере фоточувствительной эпилепсии. Обнаружены значительные различия в пространственных и временных масштабах стохастической динамики дискретных временных серий, которые характеризуют патологические нарушения динамических состояний головного мозга человека. Анализ показал, что сильные различия в релаксационных временных масштабах и стратификации фазовых облаков в стохастической эволюции нейромагнитных откликов человеческого мозга наиболее ярко проявляются в тех областях мозга, в которых формируется очаг эпилептического приступа.

Введение

В настоящее время возросло внимание к изучению различных проявлений активности мозга человека. Это связано с его сложной организацией, а также с трудностями в изучении закономерностей процессов, происходящих в нем.

Методы статистической физики, используемые для исследования реальных сложных систем, открывают принципиально новые возможности в области нейрофизиологии для анализа, диагностики и прогнозирования различных процессов и развития заболеваний головного мозга. Они раскрывают динамические особенности функционирования мозга, скрытые для классических медицинских методов исследования. Нами предложен метод анализа стохастической динамики нейромагнитных откликов коры головного мозга человека при фоточувствительной эпилепсии, основанный на теории дискретных немарковских случайных процессов [1,2].

Методы

Теория дискретных немарковских случайных процессов построена на дискретном конечно-разностном представлении кинетических уравнений Цванцига-Мори хорошо известных в неравновесной статистической физике конденсированных сред. Она получила широкое применение при анализе реальных сложных систем живой и неживой природы, в таких областях как: нейрофизиология, сейсмология, кардиология, исследование сенсомоторной и локомоторной деятельности, эпидемиология. Полученные на основе этой теории динамические, кинетические и релаксационные величины и характеристики дают подробную информацию об отдельных свойствах, качествах и закономерностях исследуемой сложной системы.

В данном исследовании выполнен анализ временных сигналов МЭГ коры головного мозга человека. Визуально вызванные магнитные ответы были зарегистрированы с помощью 61 СКВИДа (SQUID) [3]. В исследовании участвовало 10 человек: девять здоровых людей и один больной с фоточувствительной эпилепсией.

Результаты

¹ Тезисы доклада основаны на материалах исследований, проведенных в рамках гранта Российского Фонда Фундаментальных Исследований (грант № 05-02-16639-а) и гранта Федерального агентства по образованию Министерства образования и науки Российской Федерации (грант № РНП.2.1.1.741).

² Автор выражает признательность профессору, д.ф.-м.н. Юльметьеву Р.М. за оказание помощи в подготовке тезисов.

Предлагаемый метод исследования нейромагнитных откликов коры головного мозга человека основан на анализе ортогональных динамических переменных, их фазовых траекторий, частотных спектров функций памяти, спектра параметра немарковости и локальных кинетических и релаксационных параметров. Проведенные исследования показали, что формы фазовых облаков, которые сформированы множеством фазовых точек, для здорового человека и пациента с фоточувствительной эпилепсией сильно отличаются. В первом случае наблюдается стратификация фазовых облаков и наличие своеобразных псевдоорбит. Для пациента с фоточувствительной эпилепсией стратификация фазовых облаков исчезает, возникают симметричные ядра, в которых фазовые точки распределены однородно. Появляется резкое различие и в поведении временных функций для здорового человека и пациента. В первом случае во временных зависимостях $M_i(t)$, $i=0,1,2,3$ мы наблюдаем крупномасштабные временные корреляции, тогда как в случае пациента с фоточувствительной эпилепсией поведение данных функций демонстрирует мелкомасштабные флуктуации и низкоамплитудные осцилляции. Необходимо отметить резкие различия в значениях релаксационного параметра для здоровых людей и пациента с фоточувствительной эпилепсией. Параметр λ_1 различается для всех сенсоров в среднем в 6-7 раз, наиболее сильные расхождения в значениях данного параметра приходятся на сенсоры № 10, 46, 51, 53, 59. Подобные различия в масштабах свидетельствуют о специфической роли тех областей коры головного мозга в формировании механизма фоточувствительной эпилепсии, с которых осуществляется регистрация сигнала данными сенсорами. Эта разница свидетельствует о серьезных нарушениях в функционировании головного мозга человека. Поведение коэффициента λ_1 отражает особенности затухания релаксационных процессов при фоточувствительной эпилепсии в определенных областях мозга. Таким образом, мы отмечаем критическую роль изменения скорости релаксационных процессов, связанных с функционированием головного мозга человека при патологии.

Результаты исследования свидетельствуют о том, что специфическая стратификация фазовых облаков и соответствующие релаксационные особенности хаотического поведения сигналов отдельных областей коры головного мозга пациента позволяют отчетливо выделить участки мозга, в которых наиболее ярко проявляется гиперактивность нейронов при фоточувствительной эпилепсии. Проведенный анализ показал, что наиболее сильные различия в релаксационных временных масштабах и стратификации фазовых облаков в стохастической эволюции нейромагнитных откликов человеческого мозга наиболее ярко проявляются в тех областях, в которых формируется очаг эпилептического приступа.

Литература

1. Yulmetyev R., Hänggi P., Gafarov F. (2000) Stochastic dynamics of time correlation in complex systems with discrete current time // Phys. Rev. E, 62 (5).
2. R.M. Yulmetyev, P. Hänggi and F.M. Gafarov, (2002) Phys. Rev. E, 65, 046107-1.
3. K. Watanabe, T. Imada, K. Nihei, S. Shimojo, (2002) Neuroreport 13, 1; J. Bhattacharya, K. Watanabe, Sh. Shimojo, (2004) Int. J. Bif. Chaos 14, 2701.